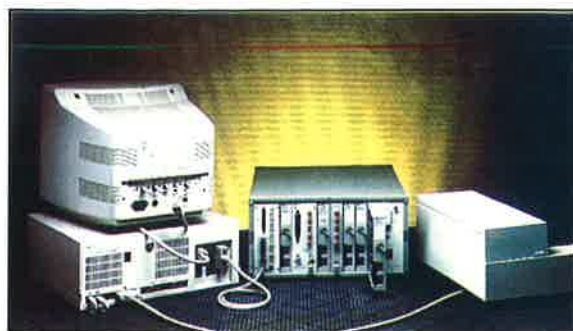
IL PC COME CONTROLLER PER STRUMENTAZIONE

La grande evoluzione della strumentazione elettronica ha stimolato i fabbricanti di personal computer a ideare un bus per il suo interfacciamento e controllo automatico.

Prima dell'avvento della strumentazione controllata tramite PC, le misure di routine potevano essere eseguite solamente in modo manuale, agendo fisicamente sui comandi di queste apparecchiature.
Grazie allo sviluppo di un particolare tipo di bus, attualmente il controllo degli strumenti di misura può essere centralizzato in un elaboratore che, tramite delle subroutine di gestione, può effettuare misure in modo rapido e preciso con conseguente risparmio di tempo e di denaro.

Grazie al bus GPIB il controllo delle apparecchiature può essere centralizzato in un calcolatore

Gli oscilloscopi sono gli strumenti più emulati con il PC

Il collegamento degli strumenti al PC è molto semplice

IL BUS GPIB

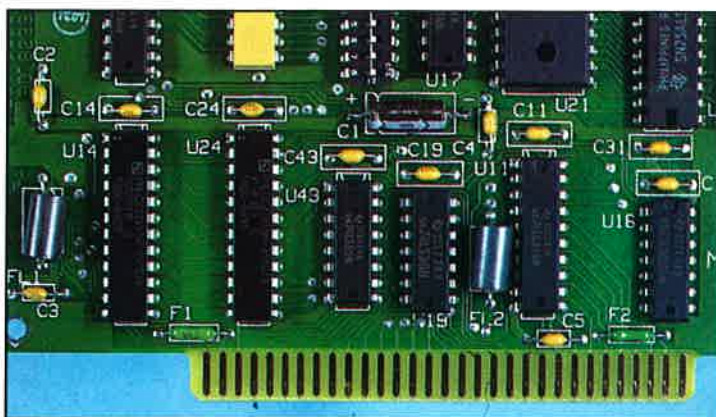
Il risultato delle ricerche svolte in questo campo è stato il *bus GPIB*, che ha dato origine allo *standard IEEE488*.
L'IEEE488 è un'interfaccia che consente di collegare contemporaneamente più strumenti di misura e lo stesso personal computer ad una linea di comunicazione comune (bus).
Questa interfaccia permette di controllare e gestire le condizioni di lavoro degli strumenti di misura, in modo che questi eseguano le operazioni richieste e trasferiscano attraverso il bus i risultati ottenuti al computer o agli altri strumenti ad esso collegati.

ADATTAMENTO DELL'INTERFACCIA AL PC

Le operazioni richieste per l'installazione fisica dell'interfaccia all'interno del PC sono simili a quelle necessarie per l'installazione di qualsiasi altra scheda; deve semplicemente essere inserita in uno slot di espansione presente sulla scheda madre del personal.
Dopo aver installato l'elemento hardware (la scheda) nel calcolatore, per poter operare è necessario utilizzare i comandi GPIB che vengono forniti dai costruttori unitamente alla scheda.
Questi comandi sono contenuti in programmi sviluppati in linguaggio C o in BASIC.
La biblioteca dei comandi GPIB contiene un programma di installazione che copia il linguaggio di programmazione sul disco rigido del PC.

La biblioteca dei comandi GPIB contiene il programma di installazione che copia il linguaggio di programmazione sul disco rigido del PC

La sequenza delle operazioni richieste per l'installazione è generalmente la seguente:
1. - inserire il floppy nel disk drive,
2. - lanciare il comando INSTALL,
3. - selezionare la versione BASIC desiderata,
4. - impostare la directory di destinazione per la biblioteca dei comandi.
Al termine di queste operazioni il calcolatore è già pronto per svolgere il lavoro richiesto; il passo successivo prevede perciò il collegamento delle apparecchiature da controllare al PC.
Poiché sia i cavi che i connettori sono standardizzati, si devono tener presente le seguenti considerazioni:
- i cavi di collegamento tra le apparecchiature non devono superare i 2 metri di lunghezza,
- la lunghezza totale del cavo comune non deve superare i 20 metri. Se si lavora a velocità elevate la lunghezza di questo cavo non deve superare i 15 metri,
- il numero massimo di apparecchiature che possono essere collegate allo stesso bus è 15,
- il numero di terminali dei connettori è 24.

La scheda deve essere inserita in uno slot di espansione del PC

Come lavora l'interfaccia

Il bus GPIB è di tipo bidirezionale e, di conseguenza, è in grado sia di inviare che di ricevere dati. Poiché i dispositivi che possono essere controllati da questo bus sono diversi, e non tutti lavorano alla stessa velocità, la trasmissione è di tipo asincrono. Ciò significa che per processare le informazioni la velocità di trasmissione si adatta automaticamente a quella dello strumento che opera a velocità più bassa.

Il bus lavora in logica negativa: il livello logico 0 equivale a una tensione pari o superiore a 2 V, mentre il livello 1 corrisponde a una tensione inferiore a 0,8 V.

Cavo utilizzato per il collegamento degli strumenti

Delle 24 linee che formano il bus, otto sono collegate a massa. Attraverso le restanti 16 viene invece trasmessa l'informazione. Queste linee sono suddivise in tre gruppi:

- *linee dei dati,*
- *linee per il controllo del trasferimento dei dati,*
- *linee per la gestione generale del bus.*

Dopo aver installato l'interfaccia, e definito le caratteristiche principali del bus, è possibile avviare le operazioni per il controllo delle apparecchiature.

Con riferimento alle funzioni svolte dagli strumenti collegati al bus, questi ultimi possono essere così classificati:

- *Talker*: è lo strumento che, tramite la sua interfaccia, trasmette i dati verso il bus.
- *Listener*: è lo strumento che riceve i dati dal bus.
- *Controller*: è il dispositivo che permette l'indirizzamento degli altri componenti collegati al bus (compreso il dispositivo stesso).

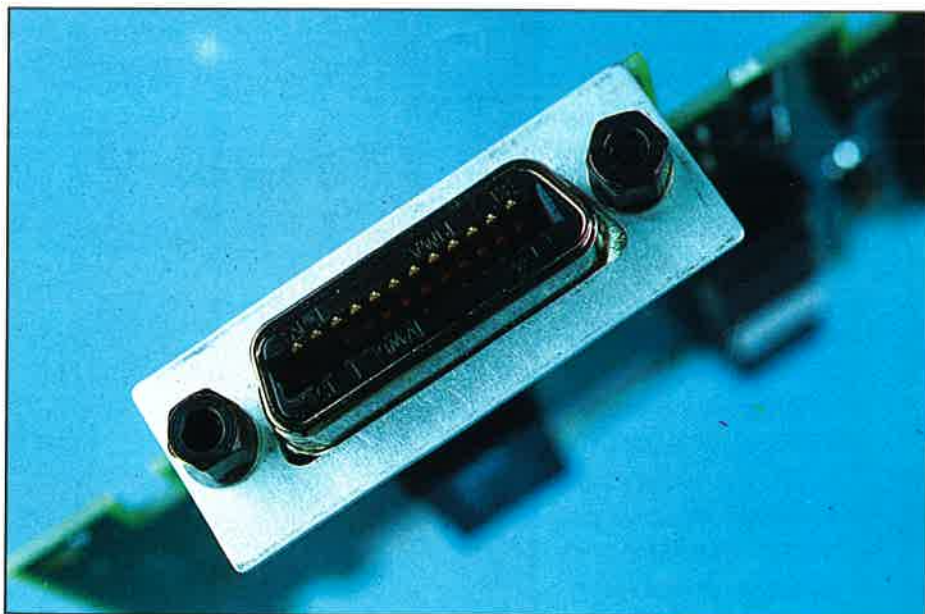
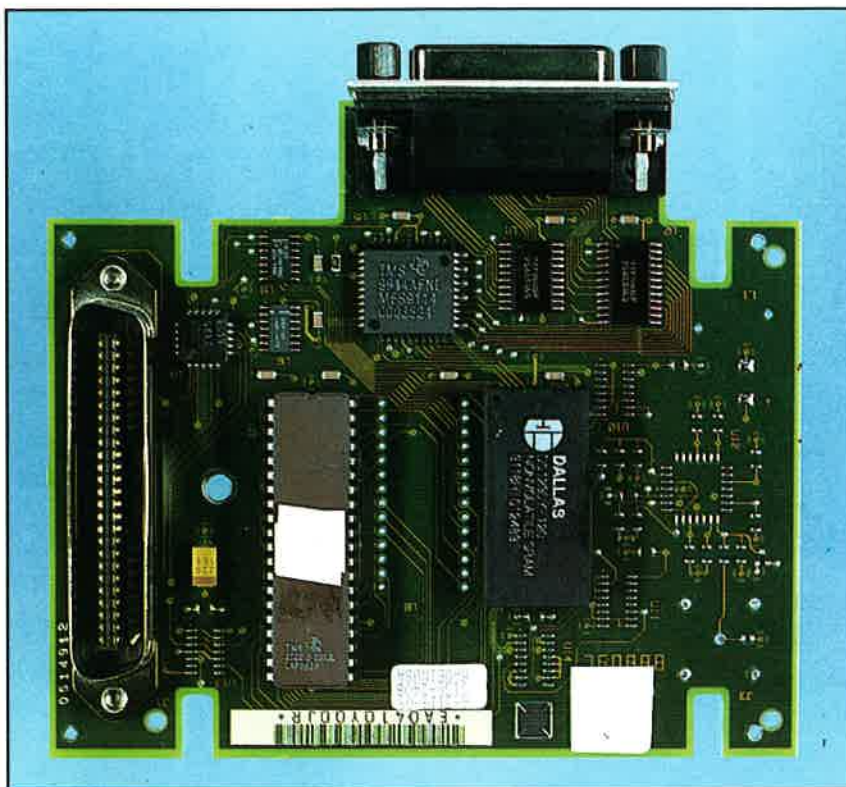
Ad ogni dispositivo è assegnato un indirizzo interno del bus, per poterlo distinguere dagli altri.

Una apparecchiatura può essere costruita per eseguire tutte queste funzioni, vale a dire che può agire da *talker*, *listener* o *controller* indifferentemente; per evitare che sorgano dei problemi di interferenza reciproca, si devono rispettare le seguenti condizioni:

- in un qualsiasi istante solo un dispositivo può agire come *talker* con il bus,
- uno o più dispositivi possono agire contemporaneamente come *listener*,
- deve essere presente un unico *system controller* che deve rimanere attivo finché il bus è funzionante.

Controllo di un oscilloscopio

Come esempio per la descrizione di un ciclo di controllo viene preso l'oscilloscopio, per via della sua grande diffusione.

Connettore a 24 contatti di cui è dotato il cavo

Interfaccia dello strumento di misura

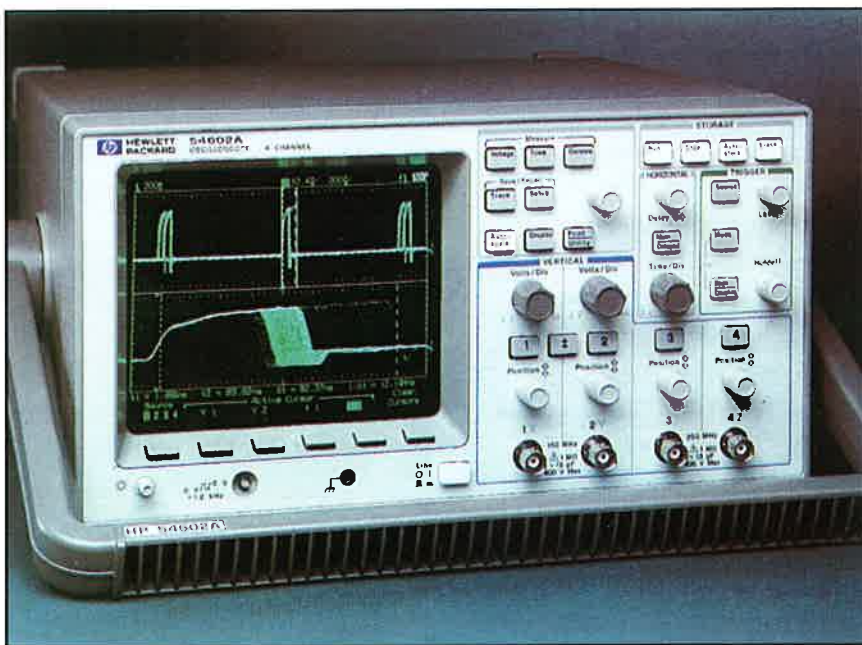
Poiché viene controllata una sola apparecchiatura, è richiesto un solo cavo GPIB: uno dei suoi estremi deve essere collegato al PC, mentre l'altro deve essere collegato al connettore GPIB che generalmente è posto sul pannello posteriore dell'oscilloscopio. Prima di proseguire è necessario sapere quale informazione si desidera trasmettere o ricevere dall'oscilloscopio. Per chiarire questo punto è opportuno ricordare brevemente le funzioni che un oscilloscopio è in grado di svolgere.

Un oscilloscopio è uno strumento di misura, di uso comune nei laboratori, che consente di ottenere una rappresentazione grafica dei segnali elettrici. Viene utilizzato sia per visualizzare forme d'onda che per misure quantitative di tensione, di intervalli di tempo, di frequenza e di fase. Un oscilloscopio è composto essenzialmente dai seguenti elementi:

- *un tubo a raggi catodici (C.R.T),*
- *un sistema di deflessione verticale,*
- *un sistema di deflessione orizzontale.*

Detto in modo semplificato, il segnale che entra in un canale passa attraverso l'accoppiamento di ingresso, arriva all'attenuatore, al preamplificatore e all'amplificatore verticale, e viene inviato alle placche di deflessione del tubo a raggi catodici.

Lo schermo dell'oscilloscopio è dotato di una griglia quadrettata. Per eseguire la misura l'operatore deve selezionare il numero di volt per divisione verticale e il numero dei secondi per divisione orizzontale; queste operazioni possono essere eseguite direttamente dal PC. Bisogna inoltre indicare all'oscilloscopio, in funzione delle sue caratteristiche, che tipo di misura deve eseguire, ad esempio se una tensione di picco o efficace; infine, è necessario che l'oscilloscopio invii al PC il risultato di queste misure. Osservando la sequenza di questo ciclo è

Gli oscilloscopi professionali possono essere controllati tramite il BUS GPIB

facile individuare il carattere bidirezionale del sistema.
In commercio sono disponibili diversi modelli di oscilloscopi, con prezzi molto differenti; non tutti possono però essere controllati in modo remoto. Gli oscilloscopi analogici, come regola generale, non sono dotati di interfaccia GPIB.
Dopo aver definito quale oscilloscopio soddisfa le proprie esigenze, bisogna verificare quali misure è in grado di eseguire e se queste sono controllabili tramite il protocollo GPIB. In qualsiasi caso deve essere ovviamente possibile gestire tramite PC i sistemi di deflessione verticale e orizzontale.
Dopo aver stabilito quali sono le funzioni che devono essere controllate, è necessario definire un sistema che permetta l'identificazione dell'oscilloscopio. Questa identificazione in gergo elettronico viene chiamata indirizzamento, e corrisponde ad un numero che deve essere impostato sull'oscilloscopio; in questo modo, ogni volta che nel programma di controllo viene selezionato quel numero (indirizzo), il sistema è in grado di capire che si sta facendo riferimento a quello strumento.
Per selezionare l'indirizzo dello strumento si può agire in due diversi modi, in funzione del tipo di apparecchio: il primo consiste nell'impostare manualmente alcuni microinterruttori situati generalmente, se presenti, a fianco del connettore GPIB (gli interruttori sono codificati con il sistema binario), mentre l'altro è quello di impostare l'indirizzo direttamente sul pannello frontale dell'oscilloscopio, accedendo al menu corrispondente.
Dopo aver eseguito tutte queste operazioni il sistema è pronto per essere programmato.

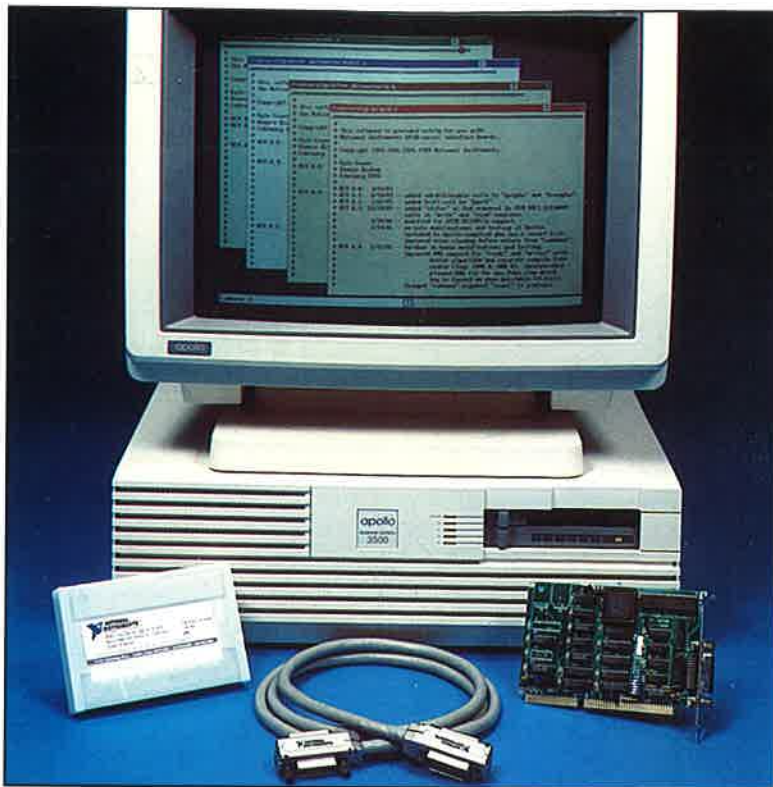
Visualizzazione tramite PC di un segnale ad onda quadra

PROGRAMMAZIONE DEL BUS

Un dispositivo collegato al bus si può suddividere, dal punto di vista funzionale, in tre parti:
- *funzioni proprie dell'oscilloscopio:* che dipendono dall'applicazione per la quale è stata progettata l'apparecchiatura: misure di tensioni, analisi di onde, ecc. Queste caratteristiche sono definite dal progettista.
- *funzioni dell'interfaccia:* sono quelle che permettono all'oscilloscopio di ricevere comandi da altri dispositivi e, a sua volta, inviare i risultati a questi o ad altre apparecchiature.
- *codificazione - forma dei messaggi:* è il metodo con il quale vengono codificati i messaggi generati con le due precedenti funzioni, per essere inviati o ricevuti attraverso il bus.

Analogamente si possono avere due tipi di messaggi:
- *messaggi che dipendono dallo strumento:* sono i messaggi relativi al risultato di una funzione propria dell'oscilloscopio, o quelli che definiscono l'informazione necessaria perché lo strumento esegua una determinata funzione. Questi messaggi sono specificati dal progettista.
- *messaggi di interfaccia o comandi:* sono i messaggi diretti verso l'interfaccia dello strumento che richiedono l'esecuzione di una certa funzione che può ripercuotersi o meno sull'operatività dello strumento stesso.

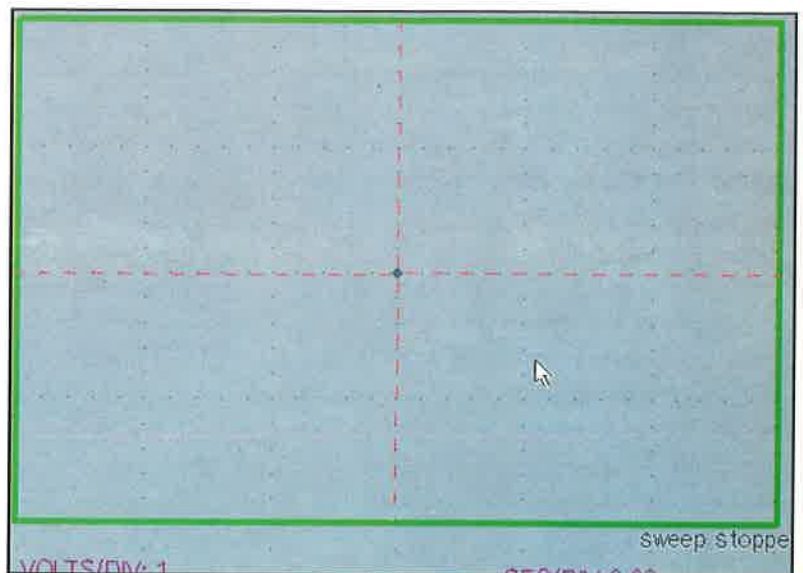
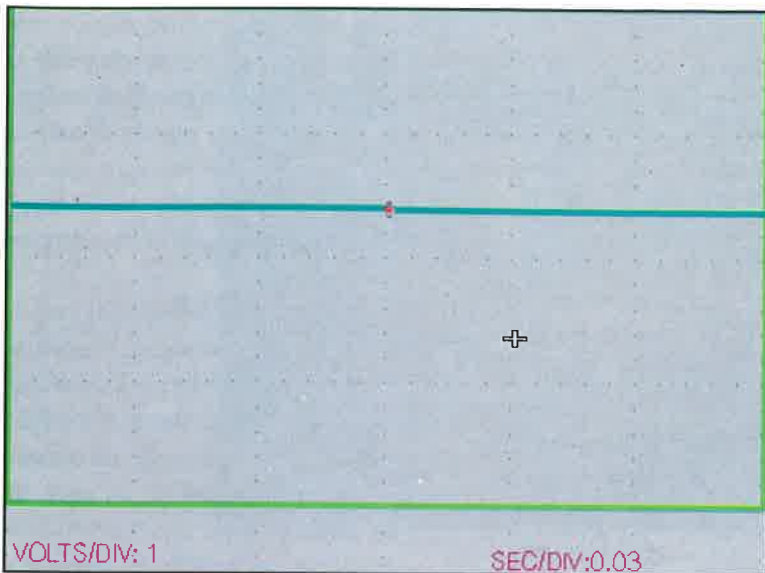
I messaggi che dipendono dallo strumento, come indica il nome stesso, sono specifici di ciascuna apparecchiatura; ogni modello di oscilloscopio è perciò dotato di un set di comandi personalizzati che sono riportati nel manuale tecnico allegato. Tuttavia, lo standard del bus definisce una serie di comandi che tutti gli strumenti devono riconoscere, in modo da garantire a tutti delle capacità minime di lavoro.

Lo standard del bus definisce una serie di comandi che tutti gli strumenti devono riconoscere, in modo da garantire alcune funzioni minime

Un PC, un'interfaccia GPIB e il software opportuno sono sufficienti per controllare qualsiasi strumento

I messaggi di interfaccia sono i comandi specifici del linguaggio BASIC o del C.
Anche se ogni oscilloscopio è dotato di comandi propri, tutti devono avere una sintassi comune: *<MESSAGGIO><SEPARATORE><DATO><CONCLUSIONE> Esempio:*
Se si desidera impostare il canale dell'oscilloscopio sulla scala dei 20 mV si deve scrivere:
"CHAN 1, VOLTS 20 MV"
Ciò significa che il comando di selezione del canale è CHAN, mentre quello che imposta la gamma è VOLTS.
I messaggi che dipendono dallo strumento devono essere scritti tra virgolette in modo da distinguerli dai comandi di programmazione.

L'indirizzo dell'interfaccia viene definito dal costruttore della stessa

La linea di comando deve essere completata nel seguente modo:
SEND 704 "CHAN 1, VOLTS 20 MV"
dove SEND è un comando BASIC, e 704 è l'indirizzo dell'interfaccia e dell'oscilloscopio. Questo viene definito nel seguente modo: 7 * 100 + 4; il 7 rappresenta l'indirizzo dell'interfaccia stabilito dal costruttore della stessa, mentre il 4 rappresenta l'indirizzo dell'oscilloscopio che deve essere impostato dall'utente.
Tutto ciò dimostra come è stato possibile definire in modo semplice e veloce l'intervallo di lavoro dell'oscilloscopio tramite il PC. Il diagramma di flusso che si deve seguire quando si programma l'oscilloscopio è:
INIZIALIZZARE -> PRELEVARE I DATI -> ANALIZZARE I DATI.
Un esempio di questa procedura potrebbe essere:
-REMOTE 704 (imposta l'oscilloscopio nella modalità REMOTO)
- *SEND 704 "CHAN 1, VOLTS 20 MV"* (inizializza l'oscilloscopio)
- *SEND 704 "CAPTURE CHAN 1"* (preleva il segnale presente sul canale 1)
- *SEND 704 "MEASURE, VPP?"* (misura la tensione picco-picco)
- *PRINT "VPP"* (stampa il valore della tensione misurata).

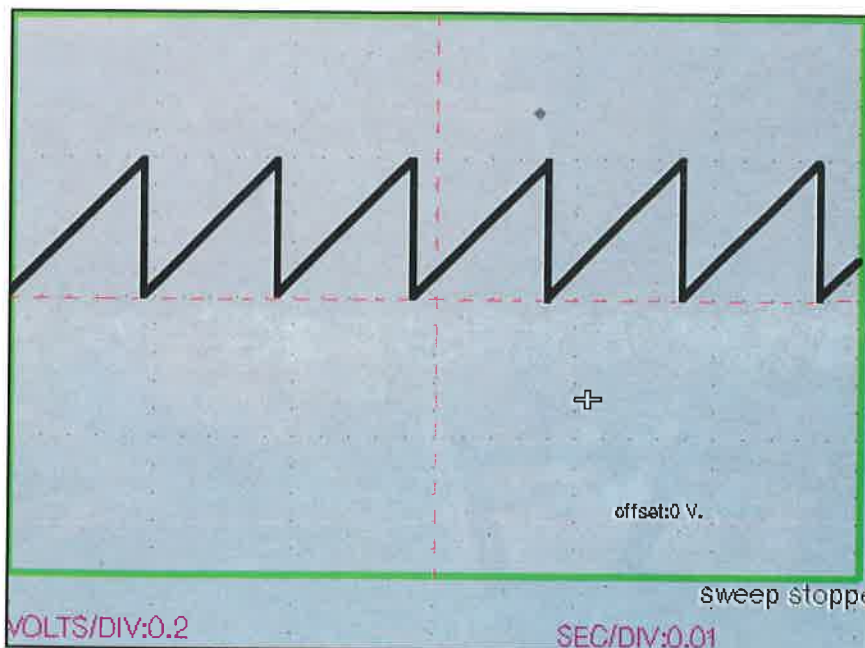
La cattura del segnale avviene in un istante predeterminato impostato da programma

Durante la programmazione si può controllare la posizione della traccia

Mentre il bus sta lavorando l'oscilloscopio può avere l'esigenza di richiedere l'attenzione del controller

FUNZIONAMENTO DELL'INTERFACCIA

Le linee del bus vengono così distinte:
DAV: quando è attiva indica che il dato presente sul bus dati è valido,
NRFD: quando è a livello alto lo strumento non è pronto per ricevere informazioni,
NDAC: quando è presente indica che lo strumento non ha accettato il dato,
ATN: quando è a livello alto indica che attraverso il bus dati circola un indirizzo o un comando,
EOI: il suo funzionamento dipende da ATN,
SRQ: questa linea attiva lo strumento per richiamare l'attenzione del PC,
REN: quando questa linea viene attivata le apparecchiature si predispongono per un controllo remoto disattivando il pannello principale dello strumento,
IFC: è la linea di RESET.
Di seguito viene esaminato il comportamento delle linee del bus durante la trasmissione di una informazione:

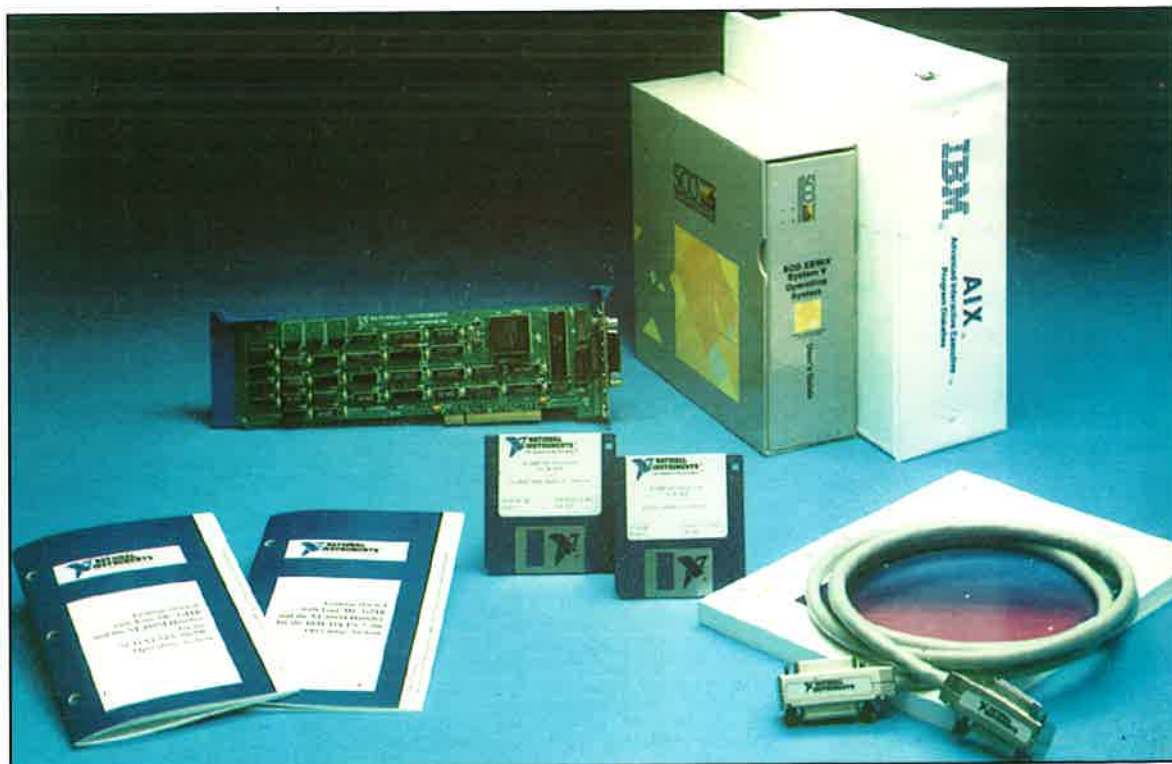
1. il *talker* viene inizializzato quando la linea DAV viene disattivata (0 logico, superiore ai due volt) per indicare che il dato non è valido;
2. i *listener* inizializzano le linee NFRD e NDAC per indicare che non possono ricevere i dati;
3. la sorgente o *talker* verifica che non ci siano errori nelle condizioni iniziali. In caso affermativo invia un bit sul bus dati;
4. l'emettitore o *talker* ritarda l'azione seguente per permettere al dato di essere completamente definito sul bus;
5. tutti i ricevitori o *listener* indicano che sono pronti per ricevere il primo byte, per cui disattivano i loro NFRD in modo che la linea NFRD si porti a livello basso;
6. il *talker*, una volta che la linea NFRD è disattivata, abilita la linea DAV per indicare che nel bus è presente un dato valido;
7. i *listener* attivano la linea NFRD per indicare che non possono accettare il dato successivo;
8. i *listener* disattivano le loro uscite NDAC;
9. quando i *listener* hanno accettato il dato hanno contemporaneamente disattivato le loro uscite NDAC, per cui la linea NDAC non è presente;
10. il *talker*, dopo aver verificato che tutti i *listener* hanno accettato il dato, disattiva la linea DAV. I *listener* attivano successivamente la linea NDAC;

Le rampe possono essere utilizzate per controllare la scansione dell'oscilloscopio

11. il *talker* invia un nuovo dato al bus.
Mentre il bus sta lavorando l'oscilloscopio può avere l'esigenza di richiedere l'attenzione del *controller* perché ha rilevato un errore interno al suo sistema, una misura fuori dalla gamma richiesta, oppure una funzione contraddittoria, ecc. In questo caso l'interfaccia dello strumento attiva la linea SRQ che provoca l'arresto di qualunque azione sul bus. Per determinare quale interfaccia ha richiesto il suo intervento il controller deve effettuare un test di verifica su tutti gli apparecchi collegati.

> *Per rilevare quale interfaccia ha richiesto la sua attenzione, il controller deve eseguire un test di verifica su tutti gli elementi del sistema*

FUNZIONI DELL'INTERFACCIA

Per poter eseguire tutte le funzioni descritte in precedenza, le interfacce che collegano i diversi strumenti al bus devono essere dotate di determinate funzioni standardizzate che sono:
- *Talker:* consente ad un dispositivo di inviare i messaggi che dipendono dallo strumento. Per attivare questa funzione l'interfaccia deve ricevere attraverso il bus il comando MTA con un indirizzo uguale al suo;
- *Listener:* consente ad un dispositivo di ricevere attraverso il bus i dati provenienti da altri dispositivi. Quelli dotati di una interfaccia in grado di svolgere questa funzione, e quando questa è attiva, vengono definiti "listener". Per attivare questa funzione l'interfaccia deve ricevere attraverso il bus il comando con l'indirizzo;
- *SH e AH:* sono le funzioni incaricate di inviare i messaggi necessari attraverso le linee per il controllo del trasferimento dei dati (NFRD, NDAC e DAV), in modo da ottenere la trasmissione di un byte di informazione da uno strumento di trasmissione a uno o più di ricezione (listener);
- *SR:* questa funzione ha il compito di attivare la funzione SRQ;
- *RL:* seleziona l'ingresso dell'informazione dal bus o dal pannello frontale;
- *PP:* consente di rispondere ad un test di verifica parallelo;
- *DC:* inizializza lo strumento;
- *DT:* consente l'innesco degli strumenti;
- *C:* si incarica dell'inizializzazione, dell'indirizzamento e della gestione del bus.

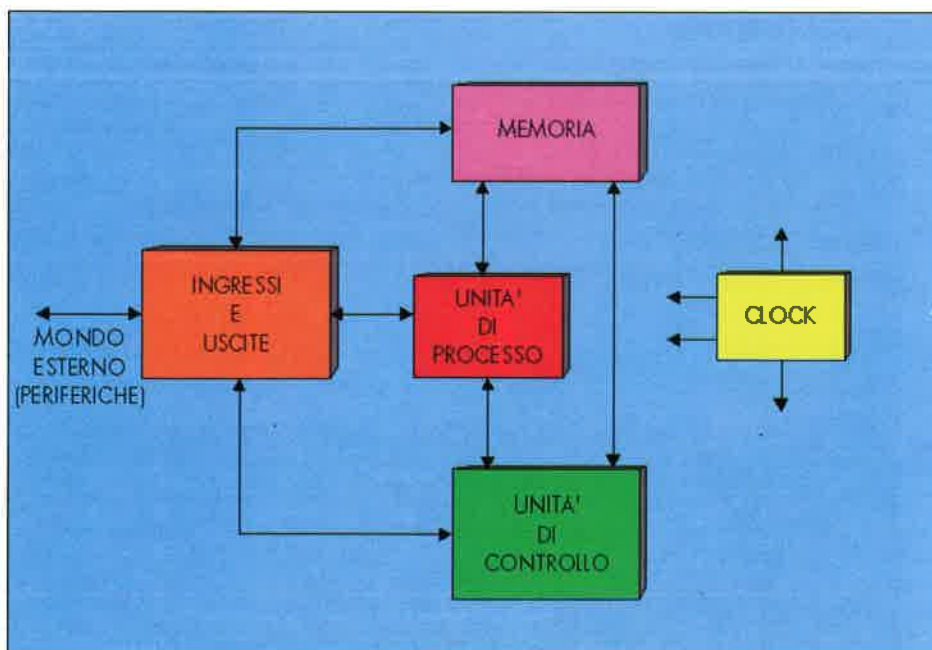
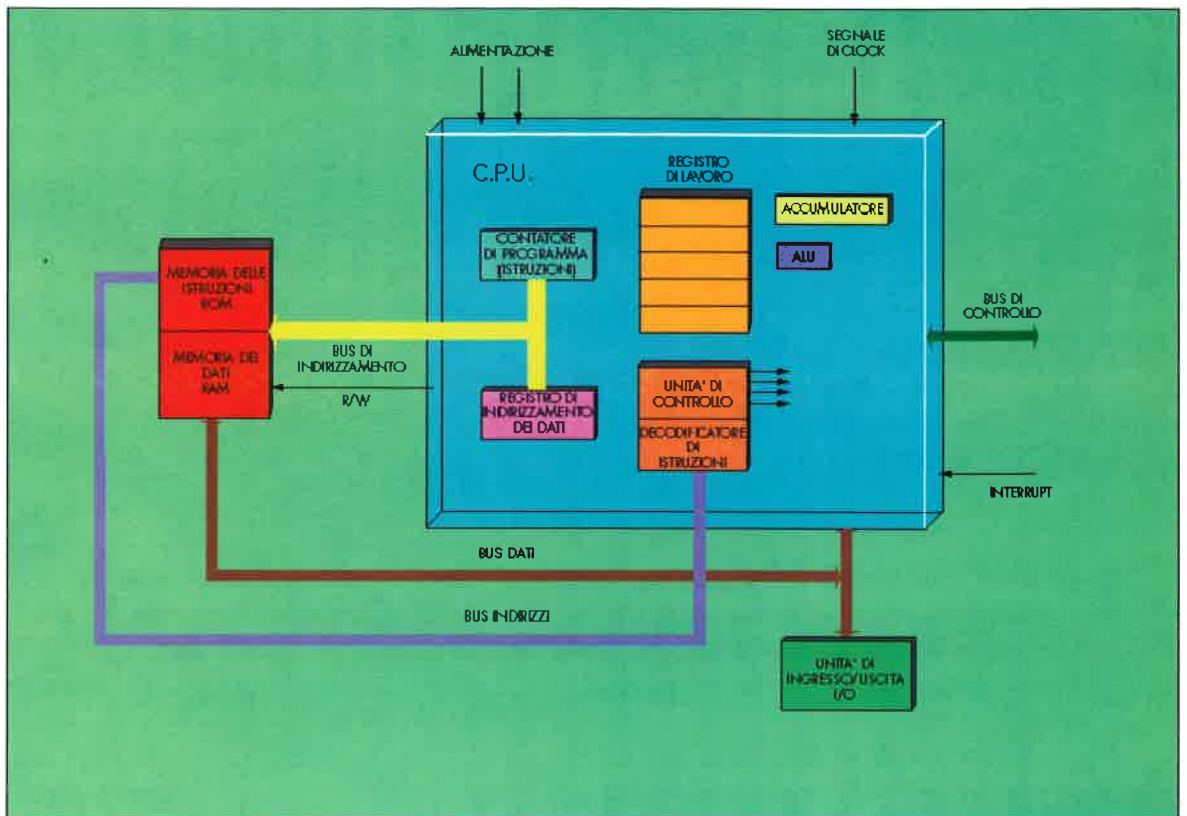
Il software è indispensabile per il controllo dell'interfaccia GPIB

INTRODUZIONE AL MICROPROCESSORE

Dopo aver analizzato nei capitoli precedenti i vari circuiti digitali fondamentali che si possono trovare all'interno di un elaboratore, rimane solamente da studiare quella parte che può essere sicuramente indicata come "il cuore del PC".

Quasi tutti i circuiti digitali costruiti in tecnologia TTL, quali le porte logiche, i bistabili, i registri a scorrimento e altri già descritti nei capitoli precedenti, vengono anche fabbricati in tecnologia MOS. La diminuzione degli spazi occupati a parità di funzione svolta, unitamente al basso assorbimento degli elementi costruiti in questa tecnologia, hanno favorito l'impiego di questi componenti per la realizzazione di circuiti molto complessi e ripetitivi con un basso costo e velocità di lavoro accettabili.

L'elevata integrazione permessa dai componenti fabbricati in tecnologia MOS ha consentito di racchiudere in un solo circuito integrato il sistema principale per l'elaborazione dei dati, con la possibilità di eseguire diversi tipi di operazioni concatenate in funzione di una sequenza di istruzioni.

Questo elemento viene comunemente chiamato

Schema a blocchi del modello di Von Newman

Struttura fondamentale di un microprocessore

unità centrale di processo, ma è più conosciuto come *CPU* (dall'inglese *Central Process Unit*); di seguito la CPU verrà per semplicità chiamata *microprocessore*. Il microprocessore è la parte più importante di un calcolatore, ed è formato dei seguenti elementi:

- *unità di controllo,*
- *unità aritmetico-logica,*
- *contatori e registri a scorrimento.*

Nella progettazione digitale, la possibilità di utilizzare il microprocessore come componente aggiuntivo presuppone una rivoluzione totale nella realizzazione dei circuiti e nella sostituzione dei componenti tradizionali. Per poter utilizzare un microprocessore è necessario conoscere il suo contenuto elettronico, definito *hardware*, e la sua modalità di programmazione, indicata come *software*.

L'impiego del microprocessore si è reso necessario a causa dall'elevato livello di complessità che hanno raggiunto i progetti di automazione sequenziale, nei quali le uscite non dipendono solo dagli ingressi ma anche dai dati elaborati durante il processo, dallo stato precedente delle uscite, oppure da un programma memorizzato internamente. La necessità di fornire una soluzione a queste condizioni ha rappresentato il punto di partenza per lo sviluppo dei microprocessori. Inizialmente è stato sviluppato un modello formato da quattro parti, ricavato da una configurazione chiamata di Von Newman. Queste parti sono le seguenti:

- *il generatore di clock:* fornisce i segnali di clock necessari per svolgere in modo sincrono l'elaborazione e l'interscambio delle informazioni digitali;
- *la memoria:* una parte della memoria è riservata al programma contenente le istruzioni che indicano il modo in cui devono essere processati i dati. La parte rimanente è destinata alla memorizzazione dei dati richiesti per l'elaborazione o a quelli prodotti nel corso della stessa;
- *l'unità di processo:* composta da diversi blocchi digitali, che viene chiamata microprocessore quando tutti sono contenuti in un solo circuito integrato. Questa unità decodifica le istruzioni immagazzinate nella memoria che contiene il programma, genera i segnali per la gestione degli altri componenti del sistema digitale, ed esegue le operazioni aritmetico-logiche di processo.

- *i dispositivi di ingresso e uscita:* essi hanno il compito di ricevere le informazioni che provengono dai componenti esterni o periferici per trasmetterle al sistema centrale, e viceversa.

Questa struttura può essere applicata a qualsiasi tipo di progetto, purché la sua velocità sia adeguata al processo esterno che deve essere controllato e venga eseguito un adattamento idoneo tra la stessa e le unità periferiche.

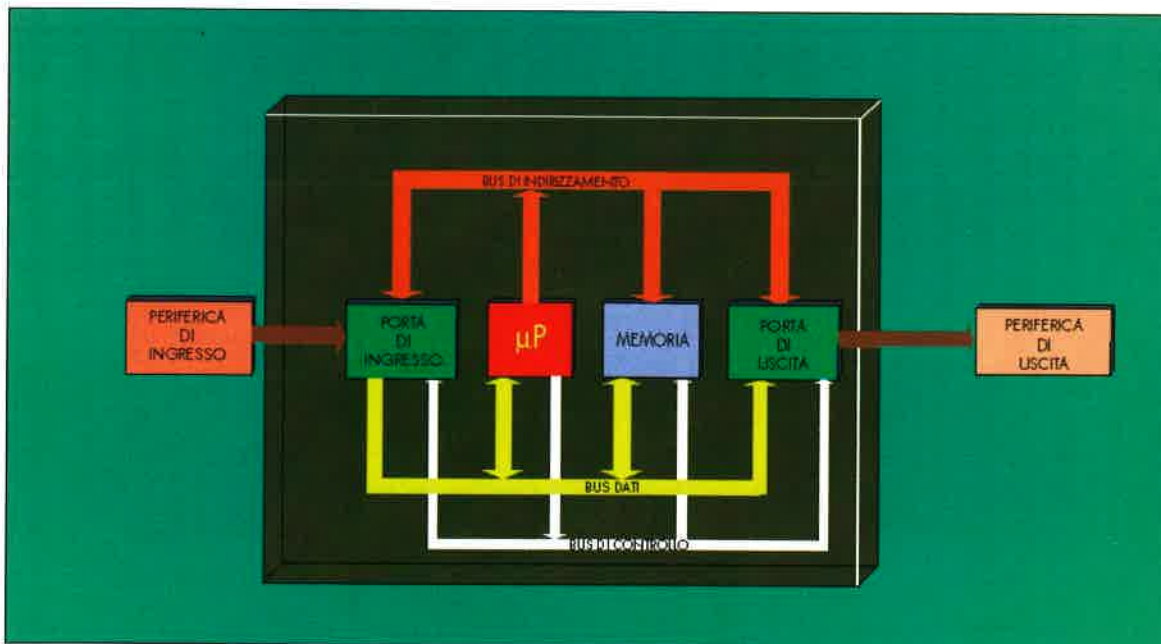
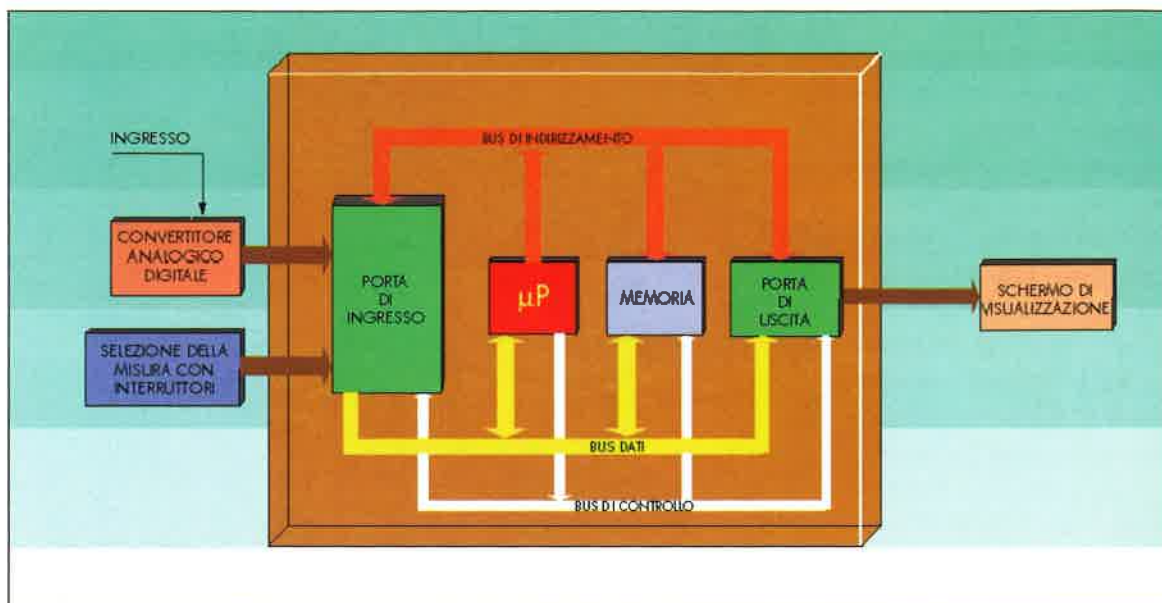
Collegamento interno dell'unità aritmetico-logica

STRUTTURA DI UN MICROPROCESSORE

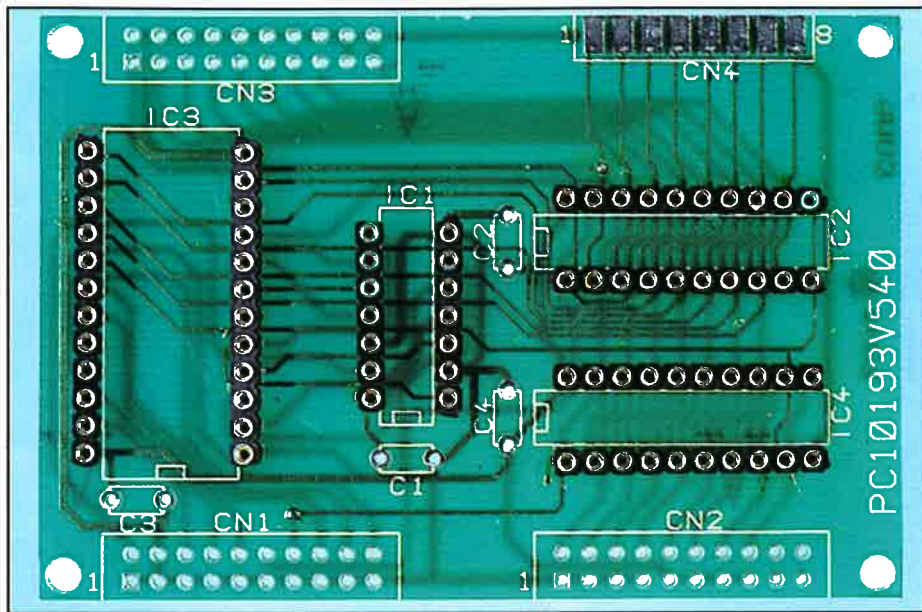
Il circuito integrato che rappresenta il microprocessore non è in grado, da solo, di realizzare alcun tipo di elaborazione; per poter svolgere correttamente e completamente questo compito è necessaria la collaborazione di altre unità. L'importanza del microprocessore è dovuta al fatto che riunisce in un solo circuito integrato molti componenti digitali, consentendo la fabbricazione della struttura fondamentale di un calcolatore con pochi componenti, costituiti anche questi da circuiti integrati. Gli elementi che lo compongono sono, principalmente, i seguenti:

- *unità di controllo,* che integra un decodificatore di istruzioni,
- *unità aritmetico-logica* o ALU (Aritmetic Logic Unit),
- *registri a scorrimento,*
- *contatori.*

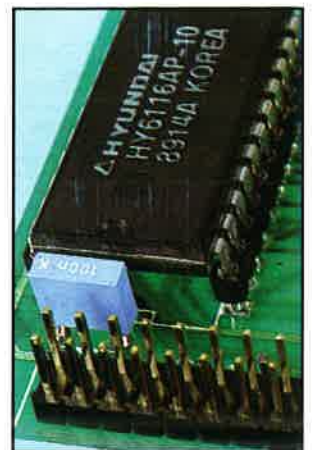
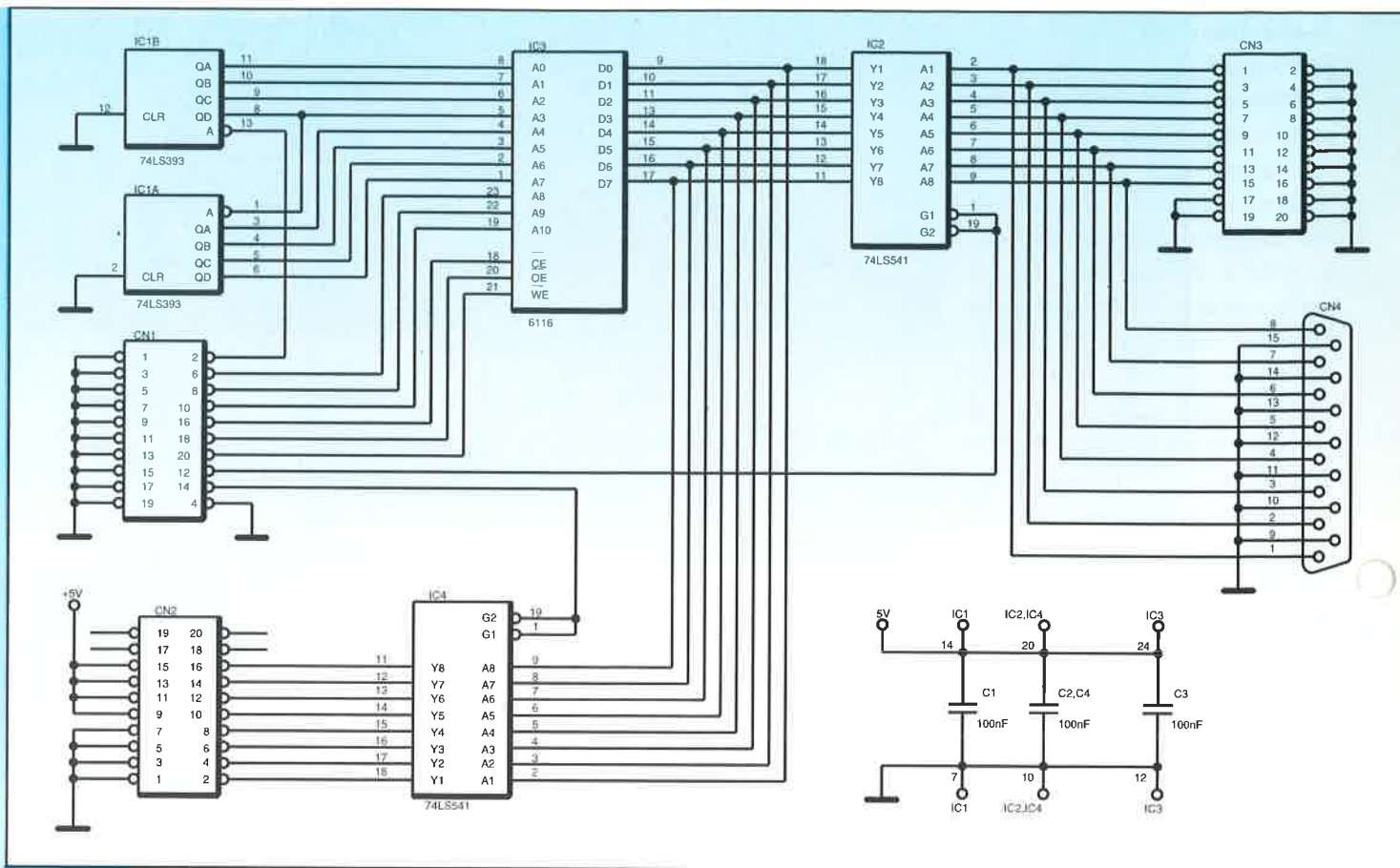
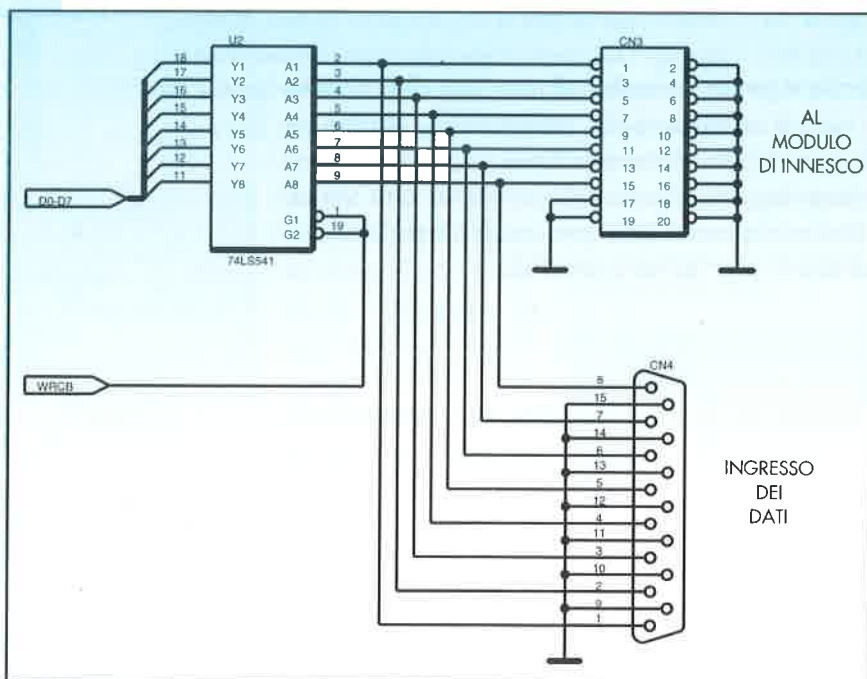
I collegamenti del microprocessore con il sistema vengono realizzati tramite diversi bus o insiemi di linee:

Collegamento di un microprocessore con le altre patri di un sistema digitale

Utilizzo di un sistema a microprocessore per la realizzazione di un voltmetro digitale

- *bus indirizzi,*
- *bus di controllo,*
- *bus dati.*

Quest'ultimo rappresenta il bus attraverso il quale avviene sia la trasmissione dei dati che quella delle istruzioni.
Il contatore di programma fornisce in ogni istante l'indirizzo di memoria nel quale si trova l'istruzione che deve essere eseguita. Questo indirizzo viene inviato, attraverso il bus indirizzi, dal microprocessore alla memoria. Selezionata la posizione di memoria corrispondente, viene prelevato il suo contenuto e viene trasportato dal bus dati verso il decodificatore; quest'ultimo interpreta il codice ricevuto e ordina l'esecuzione di una serie di operazioni, che corrispondono alla generazione di un insieme di segnali da parte dell'unità di controllo, dirette attraverso le linee del bus di controllo verso gli elementi che devono essere attivati.
Pertanto, l'unità di controllo genera una sequenza di piccoli ordini costituiti da una serie di impulsi sincronizzati, che vengono portati a destinazione dal bus di controllo per realizzare in questo modo l'istruzione decodificata.
Generalmente nei microprocessori le operazioni logiche e aritmetiche eseguite dalla ALU richiedono due operandi. Uno di questi proviene dal registro accumulatore, mentre l'altro viene prelevato dal bus interno di ingresso e uscita dati della ALU. Il risultato dell'operazione viene caricato nel registro accumulatore e viene inviato verso l'esterno attraverso il suddetto bus interno.
Durante l'esecuzione di particolari istruzioni può capitare che vengano generati dei risultati intermedi che devono essere memorizzati in modo temporaneo. Per questa funzione viene utilizzata una memoria di lettura e scrittura, di tipo RAM, diversa dalla memoria nella quale si trovano le istruzioni che, essendo inalterabile, è di tipo ROM.
Quando è necessario prelevare informazioni dall'esterno, oppure inviare ciò che è stato elaborato fuori dal sistema, si sfruttano il bus dati e i dispositivi di ingresso e uscita.
Tutto il trattamento dell'informazione viene sincronizzato con dei segnali di clock a frequenza elevata. Ovviamente il sistema richiede anche una alimentazione necessaria per il suo funzionamento. Tra i diversi segnali ausiliari si devono segnalare per la loro importanza quelli di interrupt, che permettono agli elementi periferici di intervenire durante il processo di elaborazione delle istruzioni codificate nel programma per fermare il microprocessore quando degli eventi imprevisti o un funzionamento anormale richiedono l'interruzione del ciclo in corso.

ANALIZZATORE LOGICO
(MODULO DI MEMORIA)

Nel capitolo precedente è stato descritto il modulo di innesco, la cui realizzazione non è strettamente necessaria, anche se consigliabile, poiché non risulta determinante per il funzionamento dell'analizzatore logico. Il secondo modulo che viene proposto serve per memorizzare i dati provenienti dall'esterno e inviarli al calcolatore per la loro analisi.

dopo aver descritto il modulo di innesco, esaminiamo ora il secondo modulo appartenente al sistema dell'analizzatore logico: il modulo di memoria.
A differenza del modulo di innesco, questo risulta indispensabile per il funzionamento dell'analizzatore poiché ha il compito di memorizzare i dati provenienti dall'esterno e, quando è necessario, inviarli al calcolatore per la loro analisi .

Il modulo di memoria è il secondo dei circuiti che formano l'analizzatore logico

Lo schema elettrico evidenzia la semplicità del circuito

L'ingresso dei dati verso la memoria è controllato da un buffer. I dati arrivano al modulo di innesco attraverso il connettore CN3

LA MEMORIA

Come è facile arguire osservando lo schema elettrico, il componente principale del circuito è costituito dalla memoria RAM 6116 (IC3) da 2k x 8 bit. Questo dispositivo è realizzato in tecnologia CMOS, ed è organizzato in 2.048 celle da 8 bit. Le linee di controllo per la scrittura (/WE) e la lettura (/OE) sono separate. Il bus dati (da D0 a D7) è bidirezionale, e trasporta dei segnali di ingresso quando il segnale /WE si trova a livello basso, mentre trasporta dei segnali di uscita quando a livello basso si trova il segnale /OE. Se il dispositivo non è selezionato, /CE a livello alto, l'assorbimento di corrente si riduce del 75% rispetto all'assorbimento che si ha quando è selezionato.

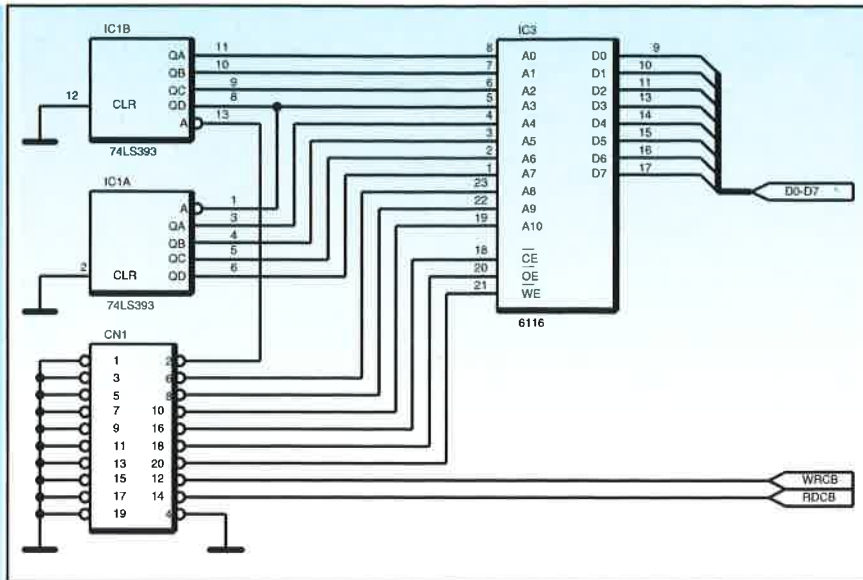
Nel caso non sia selezionato, o quando le uscite non sono abilitate, le linee di ingresso/uscita dei dati si trovano in condizione di alta impedenza; questa situazione consente di condividere il bus dati con altri dispositivi senza che si verifichino delle interferenze.
Come detto in precedenza, la velocità di accesso alla memoria utilizzata è funzione della massima velocità di campionamento dell'analizzatore. In questo caso si è scelta una memoria con un tempo di accesso di 100 nanosecondi, che consente di eseguire campionamenti a una velocità massima di 200 ns (5.000.000 di campionamenti al secondo). Ciò non significa che le memorie più veloci non possono essere utilizzate; la velocità massima consigliata è comunque di 45 ns, e consente di incrementare la velocità di campionamento a 10.000.000 campionamenti al secondo. Tutti i segnali che controllano il funzionamento del circuito arrivano sul connettore CN1 dal modulo di controllo. Di conseguenza, in questa fase è più utile non analizzare il modo in cui vengono generati, ma come agiscono sul circuito, per cui è necessario distinguere le sue due modalità di funzionamento che corrispondono alla memorizzazione e alla lettura dei dati.

Prima di iniziare il montaggio si devono classificare tutti i componenti

MEMORIZZAZIONE DEI DATI

Il segnale (WRCB) di abilitazione del buffer di ingresso IC2 si trova a livello basso per permettere ai dati che arrivano attraverso il connettore CN4 di essere trasferiti al bus (da D0 a D7) della memoria. Il segnale di abilitazione del buffer di uscita IC1 è a livello alto, per cui i dati che stanno arrivando alla memoria rimangono isolati dal bus dati dell'elaboratore.
Quando l'ingresso di selezione della memoria è a livello basso l'abilitazione dell'uscita si trova a livello alto e l'abilitazione alla lettura riceve invertito lo stesso segnale di clock del contatore; ciò significa che se il segnale di clock si trova a livello alto quello applicato al contatore è a livello basso, e viceversa.

Il contatore a 8 bit 74LS393 (IC1) riceve il segnale di clock dal modulo di controllo attraverso il terminale 2 di CN1; il suo conteggio subisce un incremento su ogni fronte di discesa di questo segnale. Quando arriva a 255 (11111111), che corrisponde al suo massimo valore di conteggio, ricomincia da 0 (00000000). Poiché le sue uscite sono collegate alle otto linee più basse del bus indirizzi della memoria (da A0 a A7), i dati presenti sul bus dati vengono memorizzati ciclicamente nelle 256 posizioni di memoria scandite dal contatore.
Le tre linee restanti del bus indirizzi (da A8 a A11) vengono gestite dal modulo di controllo. In questo modo è possibile dividere la memoria in 8 pagine di 256 posizioni ciascuna, fino al completamento della stessa. Questo meccanismo consente di memorizzare i dati di otto acquisizioni diverse nella stessa memoria.
La memorizzazione dei dati avviene in modo ininterrotto mentre il contatore riceve il segnale di clock e quello di scrittura in memoria che, come si vedrà successivamente, vengono sincronizzati dalla logica del modulo di controllo. In questo momento l'uscita del contatore rimane costante in una posizione di memoria N compresa tra 0 e 255.
Nel diagramma temporale del ciclo di scrittura si può osservare che la memorizzazione del dato avviene quando il segnale /WE passa a livello

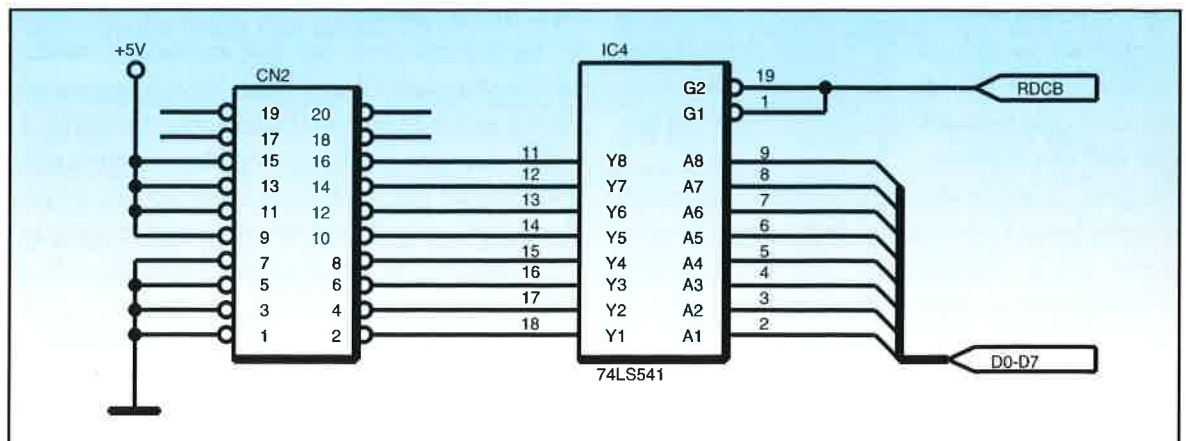
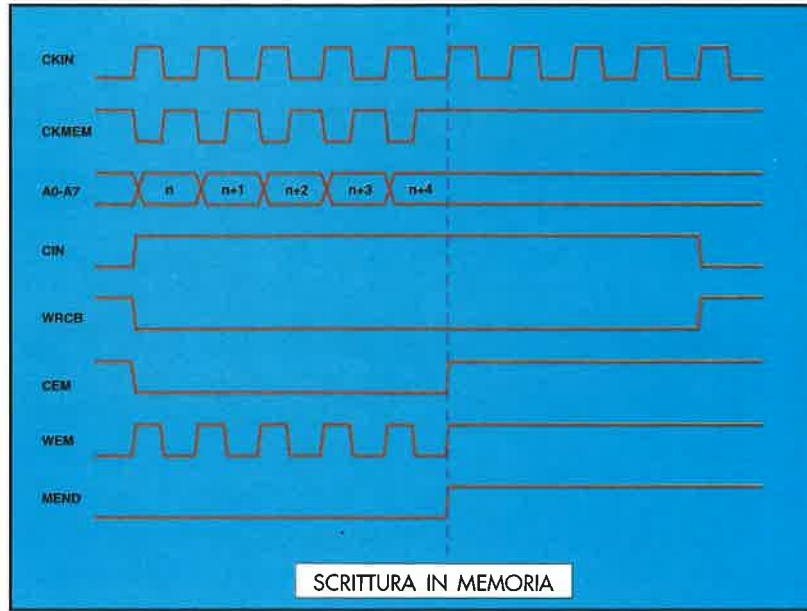
Il componente principale del circuito è costituito dalla memoria RAM 6116 (IC3) da <2kx8 bit

Tutti i segnali di controllo per la memoria provengono dal modulo di controllo

basso; poiché questo segnale deve essere sincronizzato con quello di clock, che presenta un ciclo di lavoro del 50%, per metà del periodo si trova a livello alto, mentre per l'altra metà a livello basso. Questo è il motivo per cui il periodo del segnale di scrittura applicato alla memoria deve essere almeno doppio rispetto al tempo di accesso della stessa. Ciò comporta che anche il tempo minimo che intercorre tra due campionamenti successivi (velocità massima di acquisizione) è doppio rispetto al tempo di accesso della memoria utilizzata. Se quest'ultima ha un tempo di accesso di 100 ns, il periodo di campionamento deve essere di almeno 200 ns. Utilizzando una memoria da 45 ns il tempo tra due campionamenti successivi può essere ridotto a circa 100 ns.

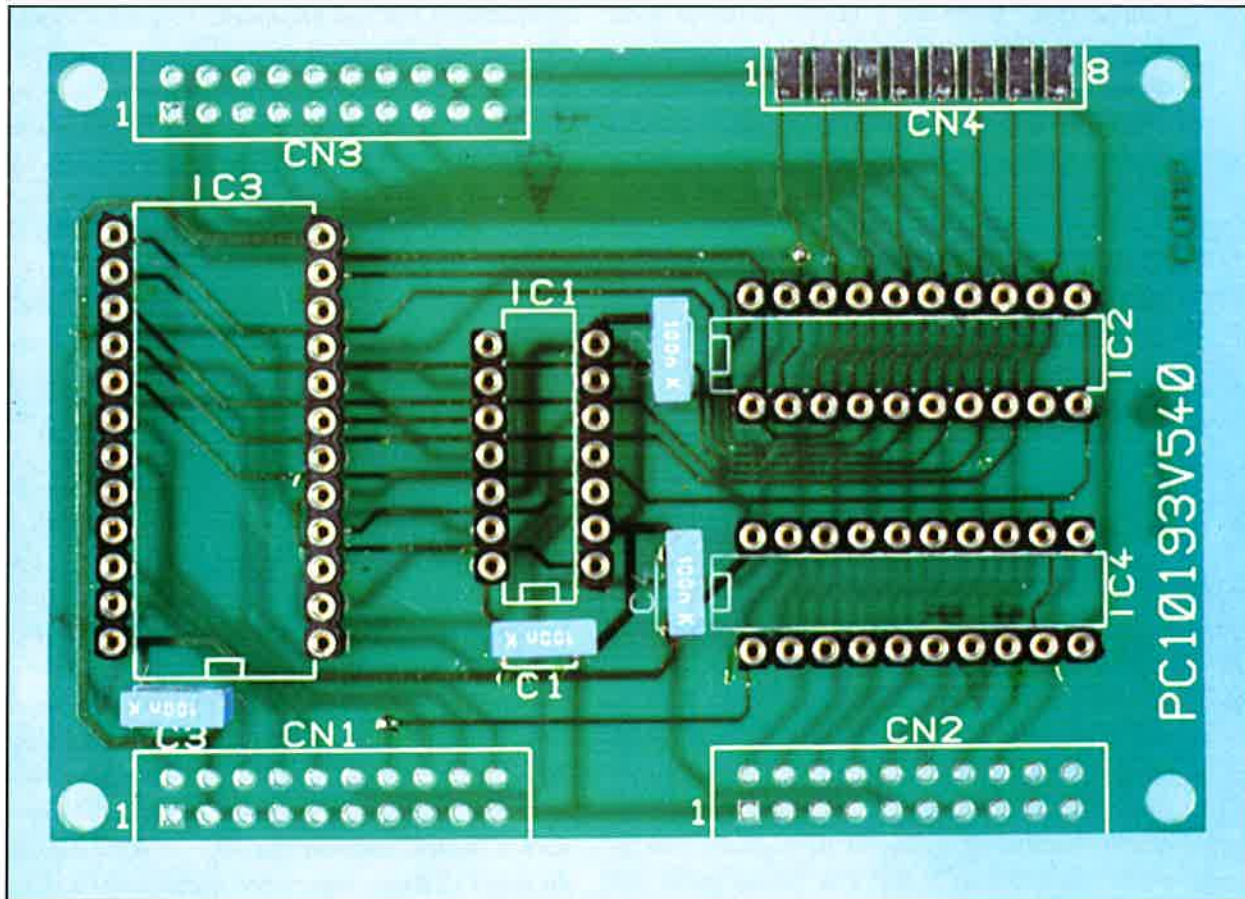
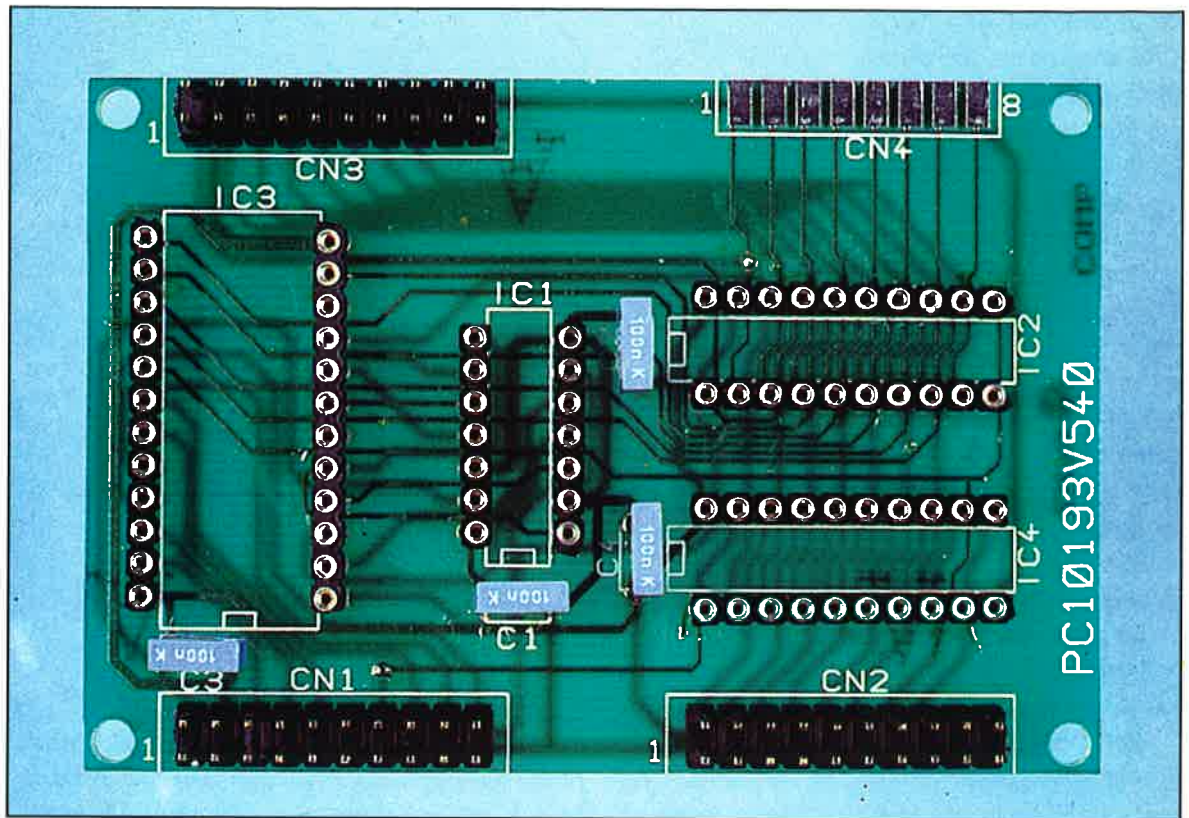
Lettura dei dati

Al termine della fase di memorizzazione dei dati i segnali di controllo cambiano di stato. Il segnale di abilitazione del buffer di ingresso commuta a livello alto, isolando il bus dati della memoria dalle linee che arrivano dal connettore CN4. Il segnale di abilitazione alla scrittura (/WE) rimane a livello alto, mentre i segnali di selezione della memoria (/CE), di abilitazione dell'uscita (/OE) e di abilitazione del buffer di uscita vengono sincronizzati tramite un impulso chiamato RD proveniente dal modulo di controllo. Il segnale di clock applicato al contatore è un altro impulso con caratteristiche simili chiamato CKA. Entrambi i segnali rappresentano un ciclo di accesso di I/O del calcolatore. Nel diagramma temporale del ciclo di lettura si può osservare la variazione dei segnali che intervengono in questa fase. Il ciclo di scrittura è un processo completamente sincrono con il segnale di clock, mentre quello di lettura è completamente asincrono poiché non dipende dal tempo che intercorre tra l'impulso di avanzamento del conteggio (CKA) e quello di lettura (RD). Il progetto è stato realizzato in questo modo per evitare che si possano verificare dei problemi durante il trasferimento dei dati con calcolatori a diversa velocità di elaborazione. Nel momento in cui scompare il segnale di clock per la scrittura, il contatore si blocca in uno stato

Il connettore CN2 fornisce la tensione di alimentazione e permette la trasmissione dei dati immagazzinati nel modulo di memoria verso il modulo di controllo

Quando tutti i dati sono stati memorizzati, i segnali di controllo cambiano di stato

N; quando riceve un impulso CKA avanza nel suo conteggio passando allo stato N + 1. Successivamente arriva l'impulso di lettura RD, con il quale viene selezionata la memoria che presenta il dato memorizzato nella posizione N + 1. Poiché durante il periodo in cui il segnale di RD è a livello basso il buffer di lettura risulta abilitato, il dato viene trasferito direttamente al calcolatore, dove viene memorizzato. Quando arriva il successivo segnale CKA il contatore avanza nuovamente di un passo, e quando si presenta il nuovo segnale RD il dato presente nella posizione N + 2 viene trasmesso alla memoria del calcolatore. Se si esegue questo ciclo per 256 volte è possibile memorizzare nel calcolatore i 256 dati che si trovavano nella pagina di memoria selezionata. Il primo dato letto è quello presente nella posizione N + 1, per cui dopo aver eseguito 256 letture

Al termine del campionamento scompare il segnale di clock per il contatore, che si ferma all'ultimo indirizzo conteggiato

Questo dispositivo ha il vantaggio di memorizzare solamente gli ultimi 256 dati ricevuti

I condensatori devono essere montati rispettando le posizioni indicate sulla serigrafia dello stampato

Le strisce di terminali utilizzate per i connettori devono risultare perfettamente perpendicolari allo stampato

l'ultimo dato prelevato è quello presente nella posizione N, che rappresenta l'elemento che ha attivato il processo di lettura. Questo tipo di funzionamento della memoria è chiamato *FIFO (First In First Out)*: il primo dato memorizzato è anche il primo letto. Anche se esistono diversi dispositivi in grado di svolgere questa funzione senza la necessità di utilizzare dei contatori ciclici, la soluzione proposta ha il vantaggio di permettere la memorizzazione solamente degli ultimi 256 dati ricevuti, con una logica di controllo molto semplice.

FUNZIONAMENTO DEL CIRCUITO

Quando si esegue la lettura, vengono trasferiti dalla memoria al calcolatore 256 dati

Dopo aver descritto i processi di lettura e scrittura della memoria, il funzionamento del circuito potrebbe risultare un po' confuso. Per capire il motivo per cui è stata scelta questa modalità operativa è necessario considerare il programma di controllo dell'analizzatore, osservando come questo gestisce il modulo di memoria. Avviando l'analizzatore vengono generati i segnali necessari per permettere al modulo di memoria di memorizzare in modo continuativo i dati che provengono dal connettore CN4 mentre riceve i segnali di clock. Quando arriva l'ordine di iniziare l'acquisizione, il modulo di controllo genera e conta 128 impulsi di clock che vengono inviati al contatore del modulo di memoria. Al termine di questi 128 cicli di clock viene attivato un segnale di fine acquisizione dati che impedisce al clock stesso di arrivare al contatore del modulo di memoria, bloccandolo nella condizione raggiunta in quell'istante. Questo spiega perché vengono memorizzati solo 128 dati dal momento in cui viene inviato il segnale di inizio campionamento al momento in cui scompare il segnale di clock.
Quando si esegue la lettura dei dati, vengono trasferiti alle memoria del calcolatore 256 dati a partire dalla posizione successiva a quella in cui si è bloccato il clock della scrittura (N+1), per terminare con l'ultima posizione che è stata scritta (N). Il primo dato letto dal calcolatore viene memorizzato 128 cicli di clock prima che arrivi l'ordine di inizio campionamento. Pertanto, quando il programma di controllo presenta sullo schermo i dati acquisiti ed elaborati, è possibile osservare il comportamento dei segnali sotto esame durante i 128 campionamenti precedenti l'ordine

di inizio e i 128 campionamenti successivi alla sua ricezione. Questo sistema risulta certamente utile se viene utilizzato il modulo di innesco, poiché selezionando il dato dal quale deve iniziare il campionamento si può osservare sullo schermo del calcolatore ciò che accade prima e dopo la comparsa del dato selezionato, che occupa sempre la posizione centrale dello schermo.

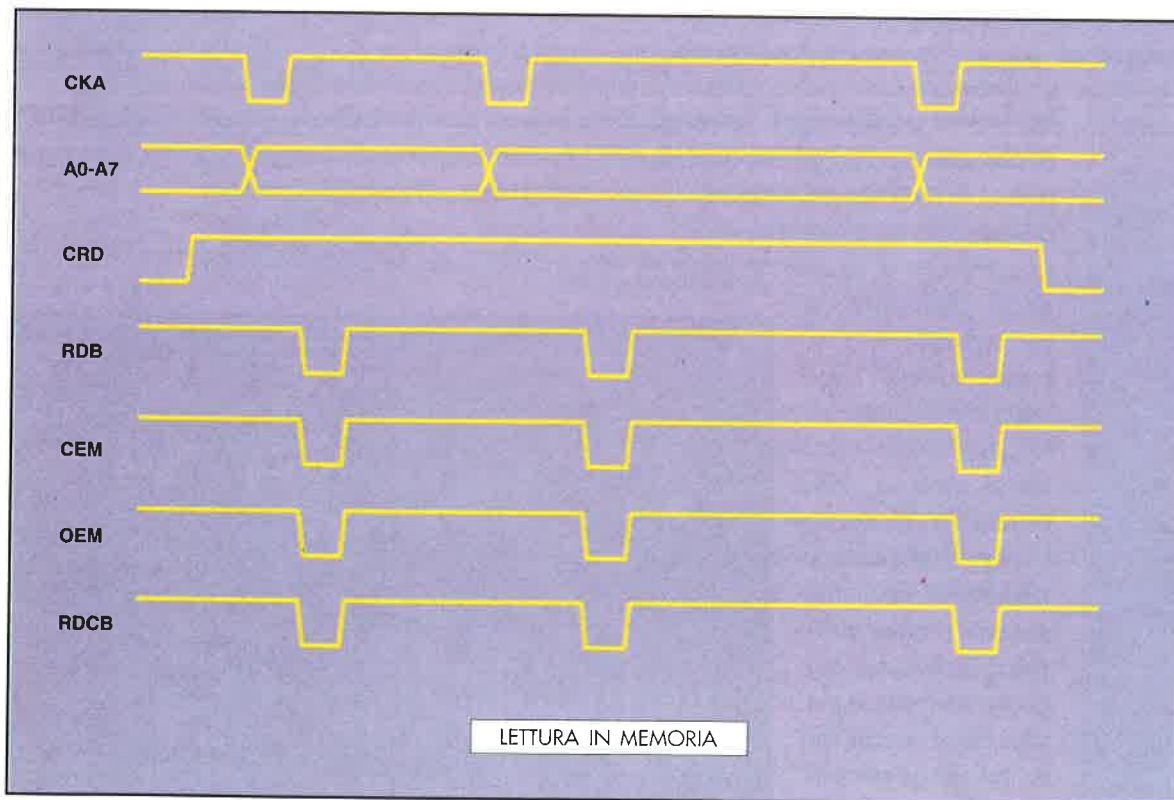
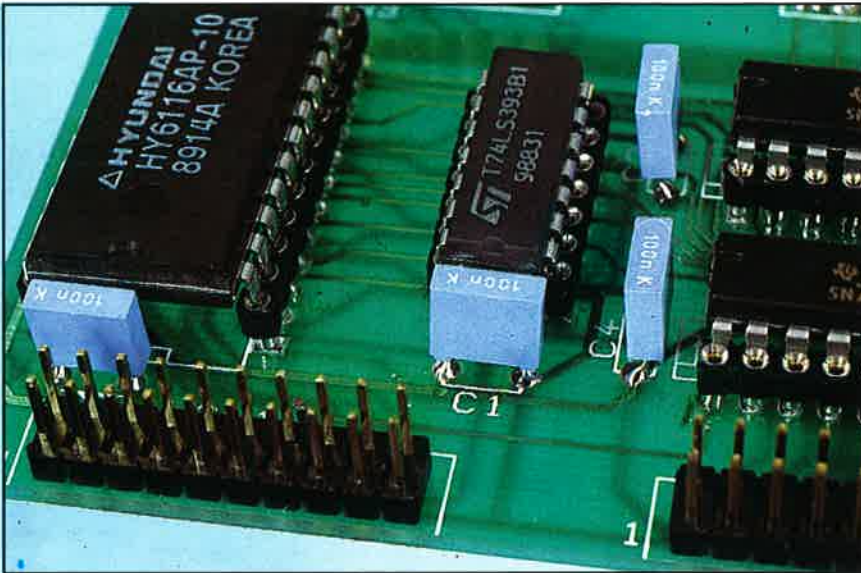
COLLEGAMENTI

Il circuito è dotato di tre connettori per l'interscambio dei dati con gli altri moduli che formano l'analizzatore logico. Attraverso il connettore CN1 riceve tutti i segnali di controllo necessari per il suo funzionamento. Poiché il collegamento con gli altri moduli viene realizzato con del cavo piatto, è possibile che si verifichino delle interferenze provocate da irradiazione tra segnali che circolano in conduttori tra loro vicini; questi fenomeni possono dare origine a difetti di funzionamento difficili da individuare. Per evitare questo tipo di problema il terminale 4 e tutti i terminali dispari (1, 3, ..., 19) vengono collegati a massa, in modo che tra due conduttori attivi sia sempre presente un conduttore collegato a massa che agisce da schermo contro le possibili interferenze. Il connettore CN2 fornisce alimentazione al circuito e lo connette al bus dati del calcolatore attraverso il modulo di controllo. Come nel caso precedente, tra due conduttori che trasportano segnali deve essere sempre presente un conduttore di massa o di alimentazione. Il connettore CN3 consente di inviare i dati di ingresso direttamente al modulo di innesco, e anche questo è realizzato con lo stesso criterio dei due precedenti.

Il circuito è dotato di tre connettori per l'interscambio dei dati con gli altri moduli dell'analizzatore logico

MONTAGGIO

Per prima cosa è necessario classificare tutti i componenti, in modo da poter procedere in modo ordinato al loro montaggio sullo stampato. Successivamente si devono tagliare 6 strisce da 10 terminali maschi ciascuna per i connettori CN1, CN2 e CN3. Per gli zoccoli degli integrati si devono utilizzare dei terminali femmina, preparando 2 strisce da 7 terminali per IC1, 4 strisce da 10 terminali per IC2 e IC3 e due strisce da 12 terminali per IC3. Il circuito stampato è a doppia faccia con fori non metallizzati, per cui le saldature devono essere eseguite anche sul lato componenti e in particolare su quelle isole raggiunte da

L'abilitazione del buffer di lettura è sincronizzata con l'abilitazione della memoria

I circuiti integrati devono essere inseriti negli zoccoli rispettando la posizione indicata sulla serigrafia dello stampato

piste su entrambe le facce; se non si esegue questa operazione, il circuito non può funzionare correttamente. Sulla scheda sono presenti una serie di isole nelle quali non deve essere inserito nessun componente; la loro funzione è quella di consentire il collegamento tra le piste presenti sul lato componenti e quelle presenti sul lato saldature. Di conseguenza, prima di iniziare il montaggio è necessario inserire dei pezzi di cavo nudo, o dei pezzi di reofori, in questi fori e saldarli su entrambe le facce. Successivamente si possono montare le strisce di terminali femmina, rispettando le posizioni descritte in precedenza e cercando di mantenerle il più possibile parallele tra di loro. Poiché alcuni di questi terminali devono essere saldati su entrambe le facce dello stampato, è consigliabile inizialmente saldare i più esterni lasciando un leggero spazio tra il corpo plastico della striscia e lo stampato; in seguito si possono saldare sul lato componenti i terminali richiesti, sollevando leggermente il corpo plastico della striscia con un cacciavite per permettere alla punta del saldatore di toccare le superfici da saldare. Dopo gli zoccoli si possono montare i condensatori di disaccoppiamento, tutti con lo stesso valore, nelle posizioni indicate sulla serigrafia dello stampato. Per il montaggio dei connettori CN1, CN2 e CN3 si devono utilizzare due strisce di terminali maschi per ciascun connettore. Queste devono risultare perpendicolari al circuito stampato e parallele tra di loro; per collegare tra di loro i moduli vengono utilizzati connettori per cavo piatto, e se i terminali non sono montati correttamente potrebbero causare dei problemi di inserimento. Anche per questi terminali si devono avere le stesse accortezze già indicate per gli zoccoli degli integrati. Per il montaggio di CN4 si deve tener presente che le due file di contatti non hanno lo stesso numero di terminali. Bisogna perciò incastrare lo stampato tra le due file finché tocca il corpo isolante del connettore, cercando di centrare perfettamente le isole che devono essere saldate a ciascun terminale. Per evitare che durante le operazioni di saldatura questo connettore si sposti, è opportuno saldare immediatamente i terminali più esterni per poi proseguire con la saldatura di tutti gli altri. Per terminare il montaggio si devono inserire i circuiti integrati nei rispettivi zoccoli, rispettando la posizione di montaggio riportata sulla serigrafia.

Elenco componenti

Condensatori

C1-C4 = 100 nF multistrato

Circuiti integrati

IC1 = 74LS393, doppio contatore binario

IC2, IC4 = 74HCT541, buffer

IC3 = 6116, memoria 8kx8

Varie

78 Terminali femmina

60 Terminali maschi

1 Connettore DB15 femmina

1 Circuito stampato PC10193V540

La velocità di accesso alla memoria determina la massima velocità di campionamento dell'analizzatore logico